

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausgleich des Gleichspannungsanteils von Empfangssignalen und einer Empfangseinrichtung bzw. Funkstation zur Durchführung dieses Verfahrens.

Funkstationen dienen der Übertragung von Informationen mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen über eine Luftschichtstelle. Eine sendende Funkstation sendet die Informationen als Sendesignale, die in der empfangenden Funkstation als Empfangssignale in einer Antenneneinrichtung aufgenommen und einer Empfangseinrichtung zugeführt werden. Handelt es sich bei den zu übertragenden Informationen um digitale Informationen, dann findet z. B. nach einer Übertragung der Eingangssignale ins Basisband eine Analog/Digitalwandlung statt. Die digitalisierten Empfangssignale werden daraufhin entzerrt zum Ausgleich diverser Störungen bei der Übertragung über die Luftschichtstelle und einer Fehlerkorrektur unterzogen.

Durch die Überführung der Empfangssignale ins Basisband und die A/D-Wandlung wird dem Nutzsignal ein Gleichspannungsanteil hinzugefügt, der sich evtl. nicht durch Filterung oder Mithaltung beseitigen läßt. Denn in verschiedenen Funksystemen, z. B. dem GSM Mobilfunksystem, weist auch das Nutzsignal einen Gleichspannungsanteil auf.

Der Ausgleich des Gleichspannungsanteils der Empfangssignale ist ein bekanntes Problem, für das es verschiedene Lösungsansätze gibt. Ein solcher Lösungsansatz ist in der deutschen Patentanmeldung 195 31 9982 dargestellt. Hier kann der Gleichspannungsanteil durch Hinzunahme einer zusätzlichen Modulationsfrequenz herausgefiltert werden. Eine weitere auf GSM-Mobilfunksysteme bezogene Lösung besteht darin, in GSM-Endgeräten vom Empfänger nicht genutzten Zeitlücken, in denen die Empfangseinrichtung in Ruhelage ist, den Eingang des letzten Mixers auf Null-Potential zu führen und so den Gleichspannungsanteil auszugleichen. Dieses Verfahren ist jedoch insoweit begrenzt, da nicht bei allen Empfangseinrichtungen solche Ruhephasen existieren. Diese Art des Ausgleichs des Gleichspannungsanteils ist zum Beispiel für Basisstationen in GSM Mobilfunksystemen nicht oder nur unter erhöhtem schaltungstechnischem Aufwand nutzbar.

Weiterhin ist es aus W. Koch, "Optimum and sub-optimum detection of coded data disturbed by time-varying intersymbol interference", IEEE Proceedings 1990, S. 1679-84 bekannt, den Funkkanal in GSM Mobilfunksystemen durch ein Kanalmodell mit Kanaloeffizienten nachzubilden. Durch dieses Kanalmodell kann eine Mehrwegeausbreitung der Signale im Funkkanal modelliert werden. Die bestimmten Kanaloeffizienten dienen daraufhin in der Empfangseinrichtung zur Entzerrung der Empfangssignale.

Zur Bestimmung der Kanaloeffizienten wird z. B. eine Trainingssequenz eingesetzt, wie sie aus M. Mouly, M.-B. Pautet, "The GSM System for Mobile Communications", 43, rue Louise Bruneau, F-91120 Palaiseau, Frankreich, 1992, S. 231-237 bekannt ist. In der Empfangseinrichtung vorliegende Testdaten werden zu bekannten Zeitpunkten von der sendenden Funkstation übermittelt und erreichen die empfangende Funkstation als Empfangssignale. An die ins Basisband übertragene und digitalisierten Empfangssignale der Trainingssequenz wird nun das Kanalmodell durch Berechnung der Kanaloeffizienten in der Empfangseinrichtung angepaßt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, eine Empfangseinrichtung und eine Funkstation anzugeben, die unabhängig von einem eigenen Gleichspannungsanteil eines Empfangssignals, den Ausgleich eines Gleichspannungsanteils des Empfangssignals im Basisband vornehmen.

Die Aufgabe wird jeweils durch die Empfangseinrichtung nach Anspruch 1, die Funkstation nach Anspruch 6 und das Verfahren nach Anspruch 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Erfindungsgemäß wird zum Ausgleich des Gleichspannungsanteils von Empfangssignalen bei einem Mittel zur Bestimmung von Kanaloeffizienten unter Verwendung eines Kanalmodells ein weiterer Koeffizient, der Gleichspannungskoeffizient berücksichtigt. Dieser Gleichspannungskoeffizient wird dem Kanalmodell zur Modellierung der Mehrwegeausbreitung von Funksignalen hinzugefügt.

Bei der Kanalmodellierung, die Vergleichssignale zum Ausgleich eines Gleichspannungsanteils verwendet, wird somit auch der Gleichspannungskoeffizient bestimmt. Dieser Gleichspannungskoeffizient dient daraufhin zum Ausgleich des Gleichspannungsanteils der Empfangssignale. Der bestimmte Gleichspannungskoeffizient kann z. B. ein Korrekturwert sein, mit dem die Empfangssignale beaufschlagt werden. Der erfindungsgemäße Ausgleich des Gleichspannungsanteils kann dabei auch bei ständigem Betrieb der Empfangseinrichtung durchgeführt werden. Es werden keine Ruhephasen und keine Hilfssignale in der Empfangseinrichtung benötigt.

Eine erfindungsgemäße Empfangseinrichtung enthält dabei vorteilhafterweise einen Kanalschätzer und einen Detektor, die beide die ins Basisband übertragene und digitalisierten Empfangssignale als Antennendaten verarbeiten. Der Kanalschätzer bestimmt die Kanaloeffizienten, die zur Berücksichtigung einer Mehrwegeausbreitung der Empfangssignale vorgesehen sind. Die berechneten Kanaloeffizienten werden dann dem Detektor, der die Entzerrung und Fehlerkorrektur vornimmt, zugeführt. Der Kanalschätzer nimmt die Modellierung des Funkkanals vor, indem er Mittel zum Bestimmen von Modelldaten unter Verwendung der Kanaloeffizienten und unter Berücksichtigung des Gleichspannungskoeffizienten des Kanalmodells einhält.

Weiterhin enthält der Kanalschätzer ein Rechenwerk zur Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten. Das Rechenwerk verwendet dabei einen die Abweichung der Antennendaten und der Modelldaten minimierenden Algorithmus. Dieser Algorithmus wird während einer Trainingssequenz angewandt, bei der das Rechenwerk für die Verarbeitung von empfangenen Testdaten zuzuordnenden Antennendaten und der Modelldaten vorgesehen ist. Die Modelldaten werden dabei durch Speisung des Kanalmodells mit den in der Empfangseinrichtung vorliegenden, unverzerrten Testdaten erzeugt. Das Kanalmodell mit den Kanaloeffizienten und dem Gleichspannungskoeffizienten wird somit an den realen Funkkanal angepaßt.

Die während dieser Trainingssequenz berechneten Kanaloeffizienten und der Gleichspannungskoeffizient werden auch außerhalb der Trainingssequenz verwendet. Beispielsweise dienen die Kanaloeffizienten zur Entzerrung und zur Fehlerkorrektur der Empfangssignale im Detektor, wohingegen der Gleichspannungskoeffizient bereits zum Ausgleich des Gleichspannungsanteils der dem Detektor zuzuführenden Antennen-

daten verwendet wird.

Bei der Verarbeitung digitalisierter Empfangssignale ist es somit z. B. möglich, die zum Ausgleich des Gleichspannungsstrahls benötigten Mittel in einem digitalen Signalprozessor zu realisieren, wodurch jeder weitere schaltungstechnische Aufwand vermieden wird. Zudem sind in Trainingssequenzen Testdaten verwendbar, wie sie aus bestehenden Systemen bekannt sind (z. B. in GSM-Mobilfunksystemen). Zusätzlicher Aufwand im Funksystem ist dadurch nicht erforderlich. Gemäß dieser vorteilhaften Ausgestaltung wird eine Trennung zwischen der Berechnung des zum Ausgleich des Gleichspannungsstrahls vorgesehenen Gleichspannungskoeffizienten und dem späteren Einsatz des Gleichspannungskoeffizienten vorgenommen. Dies erweist sich als vorteilhaft bei bekannten Funksystemen, die eine solche Trennung bereits besitzen. Jedoch kann der Ausgleich des Gleichspannungsstrahls von Empfangssignalen auch während der weiteren Berechnung eines zu aktualisierenden Gleichspannungskoeffizienten vorgenommen werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das Kanalmodell durch Übertragungselemente und Bewertungselemente gebildet, wodurch ein Filter mit endlicher Impulsantwort realisiert wird. Zusätzlich zu der Modellierung durch die Kanaloeffizienten werden Gleichspannungsmodellsymbole durch den Gleichspannungskoeffizienten bewertet und mit den Ausgangsdaten der übrigen Bewertungselemente überlagert. Als Überlagerungsergebnis liegen dann die Modelldaten vor. Die Kanalmodellierung kann u. a. durch eine programmtechnische Lösung in einem digitalen Signalprozessor umgesetzt werden.

Außerdem von verschiedenen Modulationsverfahren, wie z. B. Derivationsverfahren beim GSM-Mobilfunksystem, ist es in manchen Fällen nicht möglich, den Gleichspannungsstrahl direkt von den Empfangssignalen abzuziehen. Deswegen werden dieser Modulationstechnik angepasste Gleichspannungsmodellsymbole verwendet. Die Gestaltung der Gleichspannungsmodellsymbole ermöglicht es, den Ausgleich des Gleichspannungsstrahls für verschiedenartige Empfangseinrichtungen anzupassen. Es ist dabei zu beachten, daß die Gleichspannungsmodellsymbole durchaus unabhängig von den Testdaten sein können, denn sie betreffen die in der Empfangseinrichtung verwendete Demodulationsart und nicht den Funkkanal.

Der Ausgleich des Gleichspannungsstrahls kann sowohl im Kanalschätzer oder im Detektor, als auch bereits vor der Kanalschätzung bzw. Entzerrung vorgenommen werden. Vorteilhafterweise wird der Detektor unverändert belastet und der Gleichspannungsstrahl ausgleich bereits im Kanalschätzer oder zuvor vorgenommen.

Vorteilhafterweise ist die Empfangseinrichtung Teil einer in einem Funknetz betriebenen Funktionseinheit, wobei zum Ausgleich des Gleichspannungsstrahls der Gleichspannungskoeffizient bei veränderten Funkkanal neu bestimmt wird. Dieser Funkkanal verändert sich von Verkehrsbeziehung zu Verkehrsbeziehung. Bei Funknetzen wie dem GSM-Mobilfunknetz oder dem drahtlosen Funknetz nach DECT-Standard ist ein Verkehrsteilnehmer nämlich mobil, so daß sich die Signallaufwege ändern. Jedoch auch innerhalb einer Verkehrsbeziehung kann sich durch Frequenzwechsel ein veränderter Funkkanal ergeben. Wird die Funktionseinheit im Zeitgemultiplex betrieben, dann kann vorgesehen sein, den Gleichspannungsstrahl für jede Zeilänge

neu zu berechnen, indem eine Trainingssequenz in jeder Zeilänge zur Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten verwendet wird.

Gemäß weiterer Ausgestaltungen der Erfindung wird

- die Bestimmung des Gleichspannungskoeffizienten gleichzeitig mit der Bestimmung der Kanaloeffizienten und einer Synchronisation der empfangenen Testdaten mit den vorliegenden Testdaten durchgeführt,
- der Gleichspannungskoeffizient unabhängig von weiteren Berechnungen (Verzögerung, Kanaloeffizienten) entsprechend einer Lernfunktion aus mehreren Berechnungen gemittelt, oder
- die Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten erst nach erfolgter Synchronisation der empfangenen Testdaten mit den vorliegenden Testdaten durchgeführt.

Jede dieser Varianten genügt eigenen Anforderungen an Rechenzeit und Rechenaufwand. Ist der Gleichspannungsstrahl wenig veränderlich, dann ist es vorteilhaft ihn über mehrere Berechnungen zu mitteln. Soll ein vorberechneter Gleichspannungskoeffizient auch auf die Antennendaten einer erneuten Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten wirken, dann findet ständig (unabhängig von einer Trainingssequenz) ein Ausgleich des Gleichspannungsstrahls statt und die Synchronisation und die Berechnung der Kanaloeffizienten kann mit einem reduzierten Gleichungssystem erfolgen. Hierbei wird der benötigte Rechenaufwand verringert.

Für die gleichzeitige Synchronisation und Bestimmung der Kanaloeffizienten und des Gleichspannungskoeffizienten wird beispielsweise ein Lösen eines überbestimmten Gleichungssystems an mehreren Positionen im zeitlichen Verhältnis der empfangenen Testdaten und der vorliegenden Testdaten vorgenommen. Die Lösung, die den geringsten Fehler, d. h. die Abweichung von Modelldaten und Antennendaten der Sequenz aufweist, wird ausgewählt.

Kann davon ausgegangen werden, daß der Gleichspannungsstrahl einer bestimmten Grenzwert nicht überschreitet, dann ist es vorteilhaft zuerst eine zeitliche Synchronisation, z. B. durch gebräuchliche Korrelationsverfahren, durchzuführen, und dann die Kanaloeffizienten und den Gleichspannungskoeffizienten gemeinsam zu berechnen. Diese Lösungsvariante benötigt weniger Rechenleistung.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Funksystem mit Empfangseinrichtung zum Ausgleich eines Gleichspannungsstrahls von Empfangssignalen;

Fig. 2 einen Kanalschätzer zur Synchronisation und zur Berechnung von Kanaloeffizienten und von einem Gleichspannungskoeffizienten während einer Trainingssequenz; und

Fig. 3 einen Kanalschätzer und einen Detektor der Empfangseinrichtung beim Betrieb außerhalb der Trainingssequenz.

Die Funktionseinheit FS nach Fig. 1 ist Teil eines Funksystems, z. B. eines GSM-Mobilfunksystems. Über eine Antenneneinrichtung AE werden Empfangssignale r_x empfangen und einer Empfangseinrichtung EE zugeführt. Die Funktionseinheit FS ist beispielsweise eine Basis-

tation, die über eine Luftschmittstelle mit Mobiltelefon verbunden ist. Im weiteren wird für die Basisstation der Empfangsfall dargestellt, es besteht üblicherweise jedoch eine zweiseitige Verkehrsbeziehung, d. h. die Basisstation weist auch eine Sendeeinrichtung auf.

Aus den Empfangssignalen werden in der Empfangseinrichtung EE z. B. durch eine Übertragung ins Basisband und darauffolgende Analog/Digitalwandlung digitale Signale erzeugt, die innerhalb der Empfangseinrichtung EE einem Kanalschätzer zugeführt werden. Der Kanalschätzer KS ist mit einem Detektor DT verbunden und führt diesem aus den digitalen Empfangssignalen rx abgeleitete Antennendaten z und im Kanalschätzer KS bestimmte Kanaloeffizienten h zu. Der Detektor DT nimmt eine Entzerrung und Fehlerkorrektur der Antennendaten z unter Zuhilfenahme der Kanaloeffizienten h vor und erzeugt Symbole s , die weiteren Einrichtungen der Empfangseinrichtung EE zugeführt werden (nicht dargestellt). In diesen weiteren Einrichtungen wird daraufhin eine Dekodierung und gegebenenfalls weitere Verarbeitungsvorgänge ausgeführt. Die Symbole s repräsentieren die durch Entzerrung und Fehlerkorrektur rekonstruierten Signale rx .

In Fig. 2 wird die Funktionsweise des Kanalschätzers KS während der Berechnung der Kanaloeffizienten h und des Gleichspannungskoeffizienten c dargestellt. Diese Berechnung findet während des Empfangs einer Trainingssequenz mit Testdaten d statt. Während dieser Trainingssequenz werden die Testdaten d von einer sendenden Funktion z in der in Fig. 1 dargestellten empfangenden Funktion FS übertragen. Die Empfangssignale rx treffen durch Mehrwegeausbreitung, Störung und Verzögerung beeinträchtigt bei der empfangenden Funktion FS ein und stehen dem Kanalschätzer KS als Empfangssignale rx zur Verfügung.

Diese die verzerrten Testdaten d enthaltenden digitalen Empfangssignale rx werden daraufhin in einem Speicher rx^{-M} gespeichert und verzögert ausgegeben. Die ausgegebenen digitalen Empfangssignale sind die Antennendaten z der Trainingssequenz. Es ist zu bemerken, daß die Antennendaten z und die im folgenden zu berechnenden Koeffizienten h , c komplexe Werte darstellen, wenn die Basisbandumsetzung in In-Phase und Quadraturkomponenten unterschiedet.

Die in der Empfangseinrichtung EE vorbekannten Testdaten d , jedoch im unverzerrten Zustand, werden einem Kanalmodell KM zugeführt. Dieses Kanalmodell KM modelliert Verzögerungsgliedern Z^{-1} , die kettenförmig angeordnet sind. Die Testdaten d durchlaufen diese Verzögerungsglieder Z^{-1} . Die unverzögerten Testdaten d und die am Ausgang eines jeden Verzögerungsgliedes Z^{-1} anliegenden verzögerten Testdaten d werden jeweils mit einem Kanaloeffizienten h in einer Bewertungseinheit BE bewertet und anschließend zu Modelldaten y aufsummiert. Im Kanalmodell KM wird die Mehrwegeausbreitung simuliert, wobei nacheinander eintreffende Signalkomponenten zu einem gemeinsamen Signal überlagert werden. In Mobilfunksystemen reichen drei bis vier Verzögerungsglieder Z^{-1} aus, um die Mehrwegeausbreitung auszugleichen. Somit ist das Kanalmodell KM durch einen Filter mit endlicher Impulsantwort realisiert.

Bei der Summenbildung zum Erhalten der Modelldaten y wird jedoch auch ein Gleichspannungskoeffizient c herangezogen. Eine Gleichspannungssymbolfolge s , die mit der bei der Umwandlung der Empfangssignale rx in die Antennendaten z einhergehenden Modulation korrespondiert (entspricht für GSM beispielsweise

– 67,5 kHz), wird mit dem Gleichspannungskoeffizienten c multipliziert und das Multiplikationsergebnis in die Summenbildung zu den Modelldaten y einbezogen.

Weiterhin enthält der Kanalschätzer KS ein Rechenwerk RW, das die Antennendaten z der Trainingssequenz und die Modelldaten y vergleicht und die Abweichung e beider Werte bestimmt. Die Abweichung e wird innerhalb des Rechenwerks RW einer Einheit LS zugeführt, die die für eine minimale Abweichung e erforderlichen Kanaloeffizienten h und Antennenkoeffizienten c bestimmt.

Beispielsweise wird vor Bestimmung der Kanaloeffizienten h und des Gleichspannungskoeffizienten c eine Verzögerung M zur Synchronisation der empfangenen Testdaten d mit den vorliegenden Testdaten D bestimmt. Diese Synchronisation ist nötig, da der Zeitpunkt des Eintreffens der empfangenen Testdaten d in der Empfangseinrichtung EE nicht genau vorhersehbar ist. Die Einheit LS löst das Problem der kleinsten Fehlerquadrate an mehreren Positionen des Empfangsdatenstromes, der durch die Antennendaten z der Trainingssequenz gebildet wird. Die Position mit dem kleinsten quadratischen Fehler stellt die Synchronisationsposition dar. Damit ist auch eine Verzögerung M bestimmt, die im weiteren bei der Bearbeitung der Empfangssignale rx auch außerhalb der Trainingssequenz für die gleiche Zeitlage verwendet wird.

Durch diese Verfahrensweise wird die Synchronisation zusammen mit der Bestimmung der Koeffizienten h , c bewirkt. Bei der Lösung des Problems der kleinsten Fehlerquadrate kann die Abweichung e vorteilhafterweise durch die Summe der quadrierten Kanaloeffizienten h normalisiert werden, wodurch sich die Synchronisation weiter verbessern läßt. Anstelle der Lösung des Problems der kleinsten Fehlerquadrate können jedoch auch andere geeignete Algorithmen verwendet werden, die eine Minimierung der Abweichung e herbeiführen.

Die durch das Rechenwerk RW bestimmten Kanaloeffizienten h und der Gleichspannungskoeffizient c , sowie die Verzögerung M werden daraufhin auch außerhalb der Trainingssequenz zur Verbesserung des Empfangs der Empfangseinrichtung EE verwendet. Die im Kanalschätzer KS enthaltenen Einrichtungen KM, RW, rx^{-M} sind vorteilhafterweise in einem digitalen Signalprozessor implementiert. Durch entsprechende Algorithmen, können im digitalen Signalprozessor neben der Lösung des Problems der kleinsten Fehlerquadrate auch entsprechende Verzögerungen von Datenelementen und eine Simulation gemäß dem Kanalmodell KM erfolgen.

In Fig. 3 sind der Empfang und die Weiterverarbeitung der Empfangssignale rx außerhalb der Trainingssequenz schematisch dargestellt. Mit den berechneten, normierten Gleichspannungskoeffizienten c werden die digitalen Empfangssignale rx bereits bevor sie den Kanalschätzer KS zugeführt werden in einem Addierglied beaufschlagt. Der Kanalschätzer KS nimmt die um den Gleichspannungskoeffizienten c korrigierten digitalen Empfangssignale rx auf und verzögert sie entsprechend der zuvor bestimmten Verzögerung M , bevor sie als Antennendaten z dem Detektor DT zugeführt werden.

Weiterhin verarbeitet der Detektor DT die Kanaloeffizienten h , wie sie zuvor während der Trainingssequenz berechnet wurden. Dieser Detektor DT kann daraufhin die Entzerrung und Fehlerkorrektur der Antennendaten z vornehmen und erzeugt die Symbole s . Für die Antennendaten z ist der Gleichspannungssymbolanteil

bereits ausgeföhrt. Die erfundungsgemäße Empfangseinrichtung zeigt durch den Ausgleich des Gleichspannungsstöranzeils der erfundungsgemäße ohne zusätzlichen schaltungstechnischen Aufwand erzielt werden kann, eine verbesserte Entzerrung und Fehlerkorrektur der Empfangssignale τx .

Patentansprüche

1. Empfangseinrichtung (EE) zum Ausgleich eines Gleichspannungsstöranzeils von Empfangssignalen (τx), mit Mitteln (KS) zur Bestimmung von Kanaloeffizienten (h) unter Verwendung eines Kanalmodells (KM) zur Modellierung einer Mehrwegeausbreitung von Funksignalen, wobei das Kanalmodell (KM) um einen Gleichspannungskoeffizienten (c) erweitert ist, und wobei der bei der Kanalmodellierung mit Vergleichssignalen (d) bestimmte Gleichspannungskoeffizient (c) zum Ausgleich des Gleichspannungsstöranzeils der Empfangssignale (τx) vorgesehen ist.
2. Empfangseinrichtung (EE) nach Anspruch 1, mit einem Kanalschätzer (KS) und einem Detektor (DT), die ins Basisband übertragene und digitalisierte Empfangssignale (τx) als Antennendaten (z) verarbeiten,
 - wobei im Detektor (DT) außerdem die durch den Kanalschätzer (KS) bestimmten, zur Berücksichtigung einer Mehrwegeausbreitung der Empfangssignale (τx) vorgesehenen Kanaloeffizienten (h) verarbeitet werden,
- bei der der Kanalschätzer (KS)
 - ein Mittel zum Bestimmen von Modelldaten (y) unter Verwendung der Kanaloeffizienten (h) und unter Berücksichtigung des Gleichspannungskoeffizienten (c) des Kanalmodells (KM) enthält und
 - ein Rechenwerk (RW) zur Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten (c) mit einem die Minimierung der Abweichung (e) der Antennendaten (z) und der Modelldaten (y) vornehmenden Algorithmus enthält,
- wobei während einer Trainingssequenz mit Testdaten (d)
 - das Rechenwerk (RW) für die Verarbeitung der empfangenen Testdaten (d) zuordenbaren Antennendaten (z) und der aus dem mit den in der Empfangseinrichtung (EE) vorliegenden Testdaten (d) gespeicherten Kanalmodell (KM) abgeleiteten Modelldaten (y) vorgesehen ist,
- und
 - dieser Gleichspannungskoeffizient (c) zum Ausgleich des Gleichspannungsstöranzeils und
 - die Kanaloeffizienten (h) zur Entzerrung und zur Fehlerkorrektur der Empfangssignale (τx)
- außerhalb der Trainingssequenz vorgesehen sind.
3. Empfangseinrichtung (EE) nach Anspruch 2, bei der das mit den unverzerrten vorliegenden Testdaten gespeicherte Kanalmodell (KM) durch Verzögerungselemente (Z^{-1}) und Bewertungselemente (BE) zur Realisierung eines Filters mit endlicher Impulsantwort gebildet wird,
- wobei entsprechend dem Kanalmodell (KM)
 - durch den Gleichspannungskoeffizienten (c) Gleichspannungsmodellsymbole (m) bewertet

werden,

- diese jeweils mit Ausgangsdaten der Testdaten (d) mit unterschiedlicher Verzögerung durch die Kanaloeffizienten (h) bewertenden Bewertungselemente (BE) überlagert werden, und
- als Überlagerungsergebnis die Modelldaten (y) vorliegen.

4. Empfangseinrichtung (EE) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der außerhalb der Trainingssequenz die Antennendaten (z) mit den durch den Gleichspannungskoeffizienten (c) bewerteten Gleichspannungsmodellsymbolen (m) im Kanalschätzer (KS) überlagert werden und das Überlagerungsergebnis als Antennendaten (z) dem Detektor (DT) zugeführt wird.

5. Empfangseinrichtung (EE) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der außerhalb der Trainingssequenz die digitalen, durch keine weitere Modulation beeinflussten Empfangssignale (τx) direkt mit dem Gleichspannungskoeffizienten (c) zum Ausgleich des Gleichspannungsstöranzeils beaufschlagt werden.

6. In einem Funknetz betriebene Funkstation (FS) mit einer Empfangseinrichtung (EE) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zum Ausgleich des Gleichspannungsstöranzeils der Gleichspannungskoeffizienten (c) entsprechend der Verkehrsbeziehungen bei veränderten Funkkanal neu bestimmt wird.

7. Funkstation (FS) nach Anspruch 6, zum Betrieb im Zeitaggenmultiplex, bei der der Abgleich des Gleichspannungsstöranzeils mit Hilfe der Trainingssequenz zeitlagenbezogen vorgesehen ist.

8. Verfahren zum Ausgleich des Gleichspannungsstöranzeils von Empfangssignalen (τx), bei dem ein Mittel (KS) zum Bestimmen von Kanaloeffizienten (h) zur Modellierung einer Mehrwegeausbreitung der Empfangssignale (τx) eines Funkkanals entsprechend eines Kanalmodells (KM) die Erweiterung des Kanalmodells (KM) um einen Gleichspannungskoeffizienten (c) vornimmt, und der bei der Kanalmodellierung mit Vergleichssignalen (d) bestimmte Gleichspannungskoeffizient (c) zum Beaufschlagen der Empfangssignale (τx) mit einem den Gleichspannungsstöranzeil ausgleichenden Korrekturwert (k) verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem in einer Empfangseinrichtung (EE)

- ins Basisband übertragene und digitalisierte Empfangssignale (τx) als Antennendaten (z) in einem Kanalschätzer (KS) und in einem Detektor (DT) verarbeitet werden und
- zusätzlich im Detektor (DT) im Kanalschätzer (KS) bestimmte, zur Berücksichtigung einer Mehrwegeausbreitung der Empfangssignale (τx) vorgesehene Kanaloeffizienten (h) verarbeitet werden,

wobei der Kanalschätzer (KS)

- ein Rechenwerk (RW) zur Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten (c) mit einem die Minimierung der Abweichung (e) der Antennendaten (z) und Modelldaten (y) vornehmenden Algorithmus enthält und
- zum Bestimmen der Modelldaten (y) unter Verwendung der Kanaloeffizienten (h) und unter Verwendung eines Gleichspannungskoeffizienten (c) das Kanalmodell (KM) berück-

- sichtigt,
wobei dem Rechenwerk (RW) während einer Trainingssequenz mit Testdaten (d)
— die den empfangenen Testdaten (d) zuzurechnenden Antennendaten (z) und aus dem mit den in der Empfangseinrichtung (EE) vorliegenden, unverzerrten Testdaten (d) gespeicherten Kanalmodell (KM) abgeleitete Modelldaten (y) zugeführt werden, und
wobei außerhalb der Trainingssequenz
— dieser Gleichspannungskoeffizient (c) zum Ausgleich des Gleichspannungsstrahlsanteils und
— die Kanaloeffizienten (h) zur Entzerrung und zur Fehlerkorrektur der Empfangssignale (rx) vorgesehen sind.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Algorithmus zur Bestimmung des Gleichspannungskoeffizienten (c) und der Kanaloeffizienten (h) derart ausgebildet ist, daß die Minimierung der Abweichung (e) mit einer Berechnung der kleinsten Fehlerquadrate vorgenommen wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, bei dem gleichzeitig mit der Berechnung des Gleichspannungskoeffizienten (c) und der Kanaloeffizienten (h) eine Synchronisation der empfangenen Testdaten (d) mit den im Kanalmodell verarbeiteten Testdaten (d) durch Lösung eines überbestimmten Gleichungssystems an mehreren zeitlich aufeinanderfolgenden Positionen im Verhältnis der empfangenen und im Kanalmodell (KM) verarbeiteten Testdaten (d) vorgenommen wird, und die Verzögerung (M) bei der Bewertung der Empfangssignale (rx) außerhalb der Trainingssequenz herangezogen wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Synchronisation dadurch bewirkt wird, daß die Lösung des Gleichungssystems für die zu bestimmenden Koeffizienten (c, h) mit dem kleinsten Fehler ausgewählt und damit die Bestimmung einer Verzögerung (M) erfolgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, bei dem eine Synchronisation der empfangenen Testdaten (d) mit den im Kanalmodell verarbeiteten Testdaten (d) durch ein Korrelationsverfahren und damit die Bestimmung einer Verzögerung (M) vor der Bestimmung des Gleichspannungskoeffizienten (c) und der Kanaloeffizienten (h) vorgenommen wird und die Verzögerung (M) bei der Bewertung der Empfangssignale (rx) auch außerhalb der Trainingssequenz herangezogen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, bei dem entsprechend einer Lernfunktion der Gleichspannungskoeffizient (c) aus mehreren Berechnungen gemittelt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem der Gleichspannungsstrahlanteil unter Verwendung des gemittelten Gleichspannungskoeffizienten (c) ausgerechnet wird, bevor eine Berechnung der Kanaloeffizienten (h) und eine Synchronisation durchgeführt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem modulierten Gleichspannungsstrahlanteil dem Kanalmodell (KM) zusätzlich eine dieser Modulation entsprechende Gleichspannungssymbolfolge (m) zur Bewertung durch den Gleichspannungskoeffizienten (c) zugeführt wird und diese bewertete Gleichspan-

nungssymbolfolge (m) ebenfalls beim Ausgleich des Gleichspannungsstrahlanteils verwendet wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der berechnete Gleichspannungskoeffizient (c) direkt zum Ausgleich des Gleichspannungsstrahlanteils der digitalen und durch keine weitere Modulation beeinflussten Empfangssignale (rx) angewandt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig 2

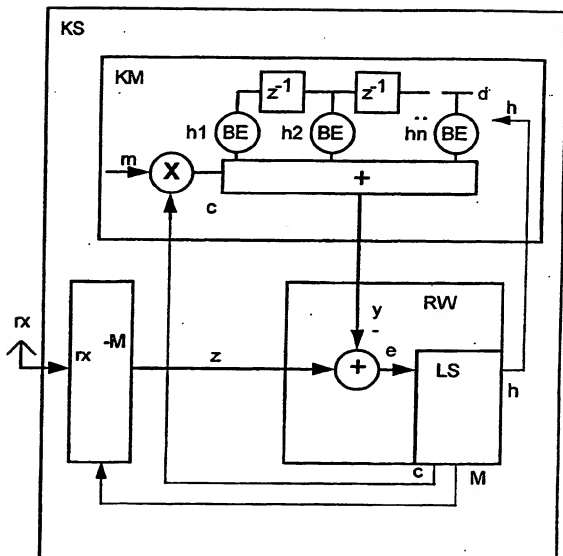
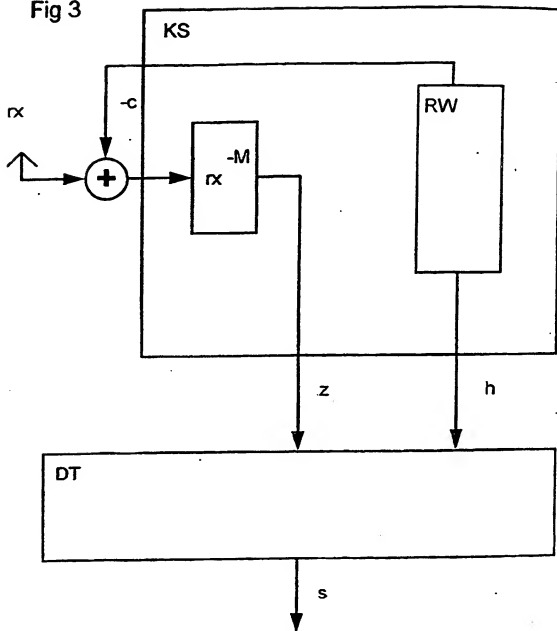


Fig 3



The invention relates to a method for the equalisation of the d.c. voltage interference component of received signals and a receiving device or radio station for the performance of this method.

5

Radio stations serve for the transmission of information with the aid of electromagnetic waves via an air interface. A transmitting radio station sends the information as transmitted signals, which are received in the receiving radio station as received signals in an antenna device and are supplied to a receiving device. If the information to be transmitted is digital information, then, e.g. after a transmission of the input signals into the base band, an analog-to-digital conversion takes place. The digitalised received signals are as a result equalised for the compensation of various interfering signals during the transmission via the air interface and undergo an error correction.

10

15

20

25

By the transfer of the received signals into the base band and the A/D conversion, a d.c. voltage interference component is added to the useful signal, which can possibly not be removed by filtering or averaging. For in various radio systems, e.g. the GSM mobile radio system, the useful signal also has a d.c. voltage component.

30

The compensation of the d.c. voltage interference component of the received signals is a known problem for which there are various solution statements. One such solution statement is represented in the German Patent Application 195 31 998.2. Here the d.c. voltage component can be filtered out by adding an additional

modulation frequency. Another solution relating to GSM mobile radio systems, in time slots not used in GSM terminals by the receiver, in which the receiving device is in the rest position, consists in conveying the input of the last mixer to zero potential and thus in compensating the d.c. voltage interference component. However, this method is limited to the extent that such rest phases do not exist in all receiving devices. This type of compensation of the d.c. voltage interference component is not practical, for example, for base stations in GSM mobile radio stations, or only practical when accompanied by increased expenditure on circuit technology.

Furthermore, from W. Koch, "Optimum and sub-optimum detection of coded data disturbed by time-varying intersymbol interference", IEEE Proceedings 1990, page 1679-84 it is known to simulate the radio channel in GSM mobile radio systems by a channel model with channel coefficients. By this channel model a multipath propagation of the signals in the radio channel can be modelled. The determined channel coefficients consequently serve in the receiving device for the equalisation of the received signals.

To determine the channel coefficients, a training sequence, for example, is used as is known from M. Mouly, M.-B. Pautet, "The GSM System for Mobile Communications", 49, rue Louise Bruneau, F-91120 Palaiseau, France, 1992, page 231-237. Test data present in the receiving device are transmitted at known instants from the transmitting radio station and reach the receiving radio station as received signals. The channel model is now adapted to

the received signals of the training sequence, which are transmitted into the base band and digitalised, by calculating the channel coefficients in the receiving device.

5

The object of the invention is to provide a method, a receiving device and a radio station which perform the compensation of a d.c. voltage interference component of the received signal in the base band independently of an
10 intrinsic d.c. voltage component of a received signal.

The object is achieved in each case by the receiving device according to Claim 1, the radio station according to Claim 6 and the method according to Claim 8.
15 Advantageous further developments of the invention can be gathered from the sub-claims.

In accordance with the invention, another coefficient, the d.c. voltage coefficient, is taken into consideration
20 for the compensation of the d.c. voltage interference component of received signals in the case of a means for determining channel coefficients by using a channel model. This d.c. voltage coefficient is added to the channel model for the modelling of the multipath
25 propagation of radio signals.

Thus the d.c. voltage coefficient is also determined during channel modelling, which uses comparative signals for the compensation of a d.c. voltage interference
30 component. This d.c. voltage coefficient consequently serves for the compensation of the d.c. voltage interference component of the received signals. The determined d.c. voltage coefficient may be a correction

value, for example, with which the received signals are supplied. The compensation of the d.c. voltage interference component according to the invention may also be performed during the continuous operation of the receiving device. No home positions and no auxiliary signals are required in the receiving device.

A receiving device according to the invention advantageously contains a channel appraiser and a detector, which process both received signals that have been transmitted into the base band and digitalised as antenna data. The channel appraiser determines the channel coefficients which are provided to take into consideration a multipath propagation of the received signals. The calculated channel coefficients are then supplied to the detector, which performs the equalisation and error correction. The channel appraiser performs the modelling of the radio channel in that it contains means for the determination of model data by using the channel coefficients and by taking into consideration the d.c. voltage coefficient of the channel model.

Furthermore, the channel appraiser contains an arithmetic-logic unit for the calculation of the d.c. voltage coefficient. The arithmetic-logic unit in this case uses an algorithm that minimises the deviation of the antenna data and of the model data. This algorithm is applied during a training sequence, in which the arithmetic-logic unit is provided for the processing of antenna data that can be associated with received test data and of the model data. The model data are generated by supplying the channel model with the non-equalised test data present in the receiving device. The channel

model with the channel coefficients and the d.c. voltage coefficient is thus adapted to the real radio channel.

The channel coefficients calculated during this training sequence and the d.c. voltage coefficient are also used outside the training sequence. For example, the channel coefficients serve for the equalisation and error correction of the received signals in the detector, whereas the d.c. voltage coefficient is already used to compensate the d.c. voltage interference component of the antenna data to be supplied to the detector.

During the processing of digitalised received signals, it is thus possible, for example, to realise the means required for the compensation of the d.c. voltage interference component in a digital signal processor, by which any further expenditure associated with circuit engineering is avoided. In addition, test data, as known from existing systems (e.g. in GSM mobile radio systems), can be used in the training sequences. Additional expenditure in the radio system is as a result not required. In accordance with this advantageous refinement, a separation is performed between the calculation of the d.c. voltage coefficient provided for the compensation of the d.c. voltage interference component and the later use of the d.c. voltage coefficient. This has proved to be advantageous in known radio systems which already specify such a separation. However, the compensation of the d.c. voltage interference component of received signals can also be performed during the further calculation of a d.c. voltage coefficient to be updated.

In accordance with an advantageous embodiment, the channel model is formed by delay elements and weighting elements, by which a filter with infinite pulse response is realised. In addition to the modelling by the channel
5 coefficients, d.c. voltage model symbols are weighted by the d.c. voltage coefficient and superimposed with the output data of the remaining weighting elements. Then the model data is available as the superimposition result. The channel modelling can be converted, amongst
10 other things, by a solution involving program technology into a digital signal processor.

On the basis of various modulation methods, such as, e.g., derotation methods with the GSM mobile radio
15 system, in many cases it is not possible to derive the d.c. voltage interference component directly from the received signals. Therefore d.c. voltage model symbols adapted to this modulation technology are used. The design of the d.c. voltage model symbols enables the
20 compensation of the d.c. voltage interference component to be adapted for very different types of receiving devices. Here it should be noted that the d.c. voltage model symbols may entirely be independent of the test data, as they relate to the type of demodulation used in
25 the receiving device and not the radio channel.

The compensation of the d.c. voltage interference component may be performed in the channel appraiser or in the detector, as well as prior to channel appraisal or
30 equalisation. The detector is advantageously left unchanged and the compensation of the d.c. voltage interference component has already been performed in the channel appraiser or previously.

The receiving device is advantageously part of a radio station operated in a radio network, wherein for the compensation of the d.c. voltage interference component the d.c. voltage coefficient is determined anew with a changed radio channel. This radio channel changes from traffic relation to traffic relation. In radio networks such as the GSM mobile radio network or the wireless radio network according to the DECT standard a traffic user is mobile, so that the signal paths alter. However a changed radio channel may also occur inside a traffic relation by frequency change. If the radio station is operated in the time slot multiplex, it may be specified calculating the d.c. voltage interference component afresh for each time slot by a training sequence being used in each time slot to calculate the d.c. voltage coefficient.

In accordance with further embodiments of the invention

- the determination of the d.c. voltage coefficient is simultaneously performed with the determination of the channel coefficients and a synchronisation of the received test data with the present test data,
- the d.c. voltage coefficient is averaged independently of further calculations (delay, channel coefficients) corresponding to a learning function from several calculations, or
- the calculation of the d.c. voltage coefficient is performed only after synchronisation of the received test data with the present test data.

Each of these variants satisfies intrinsic requirements for computing time and computation effort. If the d.c. voltage interference component does not vary much, it is

advantageous to average it via several calculations. If a precalculated d.c. voltage coefficient is also to act on the antenna data of a repeated calculation of the d.c. voltage coefficient, an equalisation of the d.c. voltage interference component continuously takes place (independently of a training sequence) and the synchronisation and the calculation of the channel coefficients can take place with a reduced system of equations. In this case the required computation effort is reduced.

For the simultaneous synchronisation and determination of the channel coefficients and of the d.c. voltage coefficient, a solution to an overdefined system of equations is undertaken at several positions in the time ratio of the received test data and of the available test data. The solution which comprises the smallest error, i.e. the deviation of model data and antenna data of the sequence, is selected.

If it can be assumed that the d.c. voltage interference component does not exceed a determined limit value, then it is advantageous firstly to perform a time synchronisation, e.g. by customary correlation methods, and then to calculate the channel coefficients and the d.c. voltage coefficients together. This variant requires less computing power.

The invention is described in further detail below by means of an exemplified embodiment with reference to the figures.

Figure 1 shows a radio system with receiving device for the compensation of a d.c. voltage interference component of received signals;

5 Figure 2 shows a channel appraiser for the synchronisation and calculation of channel coefficients and of a d.c. voltage coefficient during a training sequence; and

10 Figure 3 shows a channel appraiser and a detector of the receiving device during operation outside a training sequence.

The radio station FS shown in Figure 1 is part of a radio system, e.g. a GSM mobile radio system. Received signals
15 rx are received via an antenna device AE and supplied to a receiving device EE. The radio station FS is, for example, a base station, which is connected via an air interface to mobile parts. Hereinafter the reception
20 case for the base station is represented, however there is usually a bidirectional traffic relationship, i.e. the base station also has a transmitting device.

From the received signals, digitalised signals are
25 generated in the receiving device EE, e.g. by a transmission into the base band and subsequent analog-to-digital conversion, and they are supplied to a channel appraiser inside the receiving device EE. The channel appraiser KS is connected to a detector DT and to said
30 detector supplies antenna data z derived from the digital received signals rx and channel coefficients h determined in the channel appraiser KS. The detector DT performs an equalisation and error correction of the antenna data z

with the assistance of the channel coefficients k and generates symbols s , which are supplied to other devices of the receiving device EE (not represented). In these further devices a decoding and possible further
5 processing operations are consequently performed. The symbols s represent the signals rx reconstructed by equalisation and error correction.

The mode of operation of the channel appraiser KS during
10 the calculation of the channel coefficients h and of the d.c. voltage coefficient c is represented in Figure 2. This calculation takes place during the reception of a training sequence with test data d . During this training
sequence the test data d are transmitted from a
15 transmitting radio station to the receiving radio station FS represented in Figure 1. As a result of multipath propagation, interference and delay, the received signals rx arrive in impaired state at the receiving radio station FS and are available to the channel appraiser KS
20 as received signals rx .

These digitalised received signals rx containing the equalised test data d were consequently stored in a memory element rx^* and outputted with a delay. The
25 outputted digital received signals are the antenna data z of the training sequence. It should be noted that the antenna data z and the coefficients c , h to be calculated below represent complex values if the base band conversion differs in in-phase and quadrature components.
30

The test data d previously known in the receiving device EE, but in the non-equalised state, are supplied to a channel model KM. This channel model KM models delay

elements Z^{-1} , which have a chain-shaped arrangement. The test data d pass through these delay elements Z^{-1} . The non-delayed test data d and the delayed test data d lying at the output of every delay element Z^{-1} are each weighted with a channel coefficient h in a weighting unit BE and then summed up to form model data y . The multipath propagation is simulated in the channel model KM, whereby signal components arriving one another the other are superimposed to form a common signal. In mobile radio systems three to four delay elements Z^{-1} are sufficient to compensate the multipath propagation. Thus the channel model is compensated by a filter with finite pulse response.

During the summing up for obtaining the model data y , a d.c. voltage coefficient c is also, however, used. A d.c. voltage symbol sequence m , which corresponds with the modulation occurring during the conversion of the received signals rx into the antenna data z (for GSM corresponds e.g. to -67.5 kHz), is multiplied with the d.c. voltage coefficient c and the multiplication result is included in the summing up to the model data y .

Furthermore, the channel appraiser KS contains an arithmetic-logic unit RW, which compares the antenna data z of the training sequence and the model data y and determines the deviation e of both values. The deviation e is supplied inside the arithmetic-logic unit RW to a unit LS, which determines the channel coefficients h required for a minimum deviation e and antenna coefficient c .

For example, prior to the definition of the channel coefficients h and the d.c. voltage coefficient c , a delay M is determined for the synchronisation of the received test data d with the available test data D .
5 This synchronisation is required, since the instant of the arrival of the received test data d in the receiving device EE cannot be precisely anticipated. The unit LS solves the problem of the least error squares at several positions of the received data stream, which is formed by
10 the antenna data z of the training sequence. The position with the least square error represents the synchronisation position. Thus a delay M is also determined, which is used in the 'following' during the processing of the received signals rx also outside the
15 training sequence for the same time slot.

By this procedure the synchronisation together with the determination of the coefficients h , c is effected. Upon solving the problem of the least error squares, the
20 deviation e can be advantageously normalised by the sum of the squared channel coefficients h , by which the synchronisation can be further improved. However, instead of the solution of the problem of the least error squares, other suitable algorithms may also be used which
25 produce a minimisation of the deviation e .

The channel coefficients h determined by the arithmetic-logic unit RW and the d.c. voltage coefficient c , as well as the delay M , are consequently also used outside the
30 training sequence to improve the reception of the receiving device EE . The devices KM , RW , rx contained in the channel appraiser KS are advantageously implemented in a digital signal processor. By

appropriate algorithms corresponding delays of data elements and a simulation in accordance with the channel model KM may also take place in the digital signal processor, apart from the solution of the problem of the
5 least error squares.

The reception and the further processing of the received signals rx outside the training sequence are diagrammatically represented in Figure 3. The digital
10 received signals rx are already provided with the calculated, negated d.c. voltage coefficients c in an adder before they are supplied to the channel appraiser KS. The channel appraiser KS receives the digital received signals rx that have been corrected by the d.c.
15 voltage interference component and delays them corresponding to the previously defined delay M, before they are supplied as antenna data z to the detector DT.

Furthermore, the detector DT processes the channel
20 coefficients h, which were previously calculated during the training sequence. This detector DT can consequently perform the equalisation and error correction of the antenna data z and generates the symbols s. For the antenna data z, the d.c. voltage interference component
25 is already compensated. As a result of the compensation of the d.c. voltage interference component, which can be achieved in accordance with the invention without additional expenditure on circuit engineering, the receiving device according to the invention shows an
30 improved equalisation and error correction of the received signals rx.

Patent Claims

1. A receiving device (EE) for the compensation of a
d.c. voltage interference component of received
5 signals (rx),
having means (KS) for determining channel
coefficients (h) by using a channel model (KM) for
modelling a multipath propagation of radio signals,
wherein the channel model (KM) is enlarged by a d.c.
10 voltage coefficient (c), and
wherein the d.c. voltage coefficient (c) determined
during the channel modelling with comparative
signals (d) is provided for the compensation of the
d.c. voltage interference component of the received
15 signals (rx).
2. A receiving device (EE) according to Claim 1,
having a channel appraiser (KS) and a detector (DT),
which process received signals (rx), which are
20 transmitted into the base band and are digitalised,
as antenna data (z),
 - wherein the channel coefficients (h)
determined by the channel appraiser (KS)
and provided to take into consideration a
25 multipath propagation of the received
signals (rx) are also processed in the
detector (DT),
in which the channel appraiser (KS)
 - contains a means for determining model
30 data (y) by using the channel coefficients
(h) and by taking the d.c. voltage (c) of
the channel model (KM) into consideration
and

coefficients (h), a synchronisation of the received test data (d) with the test data (d) processed in the channel model is performed by solving an overdefined system of equations at several chronologically successive positions in relation to the received test data (d) processed in the channel model (KM), and the delay (M) is made use of during the weighting of the received signals (rx) outside the training sequence.

10

12. A method according to Claim 11, in which the synchronisation is effected in that the solution of the system of equations for the coefficients (c, h) to be determined is selected with the smallest error and thus the determination of a delay (M) takes place.

15

13. A method according to one of Claims 9 to 10, in which a synchronisation of the received test data (d) with the test data (d) processed in the channel model is performed by a correction process and thus the determination of a delay (M) is performed prior to the determination of the d.c. voltage coefficient (c) and of the channel coefficients (h) and the delay (M) is also made use of during the weighting of the received signals (rx) outside the training sequence.

20

25

14. A method according to one of Claims 9 or 10, in which the d.c. voltage coefficient (c) is averaged from several calculations corresponding to a learning function.

30

15. A method according to Claim 14, in which the d.c. voltage interference component is compensated by using the averaged d.c. voltage coefficient (c), before a calculation of the channel coefficients (h) and a synchronisation is performed.
- 5
16. A method according to one of Claims 8 to 15, **characterised in that**, in the case of a modulated d.c. voltage interference component, a d.c. voltage symbol sequence (m) corresponding to this modulation is additionally supplied to the channel model (KM) for weighting by the d.c. voltage coefficient (c) and this weighted d.c. voltage symbol sequence (m) is also used during the compensation of the d.c. voltage interference component.
- 10
- 15
17. A method according to one of Claims 8 to 15, **characterised in that** the calculated d.c. voltage coefficient (c) is applied directly for the compensation of the d.c. voltage interference component of the digital received signals (rx) not influenced by any further modulation.
- 20

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.